

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE EN BOVINOS”

POR:

OCTAVIO COELLO FONSECA

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

MARZO 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE EN BOVINOS”

POR:

OCTAVIO COELLO FONSECA

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
ASESOR:PhD. JUAN DAVID HÉRNANDEZ BUSTAMANTE**

TORREÓN, COAHUILA

MARZO 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE EN BOVINOS”

MONOGRAFÍA

Aprobada por el:

PRESIDENTE DEL JURADO

Firma manuscrita de Juan David Hernández Bustamante en tinta negra, sobre una línea horizontal punteada.

PhD. JUAN DAVID HERNANDEZ BUSTAMANTE

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Firma manuscrita de MVZ. Rodrigo Isidro Simón Alonso en tinta negra, sobre una línea horizontal punteada.

MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO  **Coordinación de la División Regional de Ciencia Animal**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MARZO 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



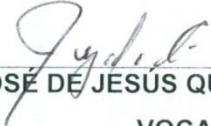
“FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE EN BOVINOS”

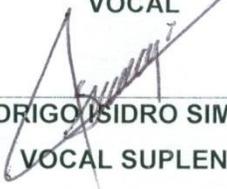
MONOGRAFÍA

Aprobada por el H jurado examinador


PHD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
PRESIDENTE


MVZ. ALEJANDRO ERNESTO CABRAL MARTELL
VOCAL


MC. JOSÉ DE JESÚS QUEZADA AQUIRRE
VOCAL


MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO
VOCAL SUPLENTE

ÍNDICE

	Página
INDICE.....	i
RESUMÉN.....	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN.....	6
2. COMPOSICIÓN DE LA LECHE.....	6
2.1 PROTEÍNA.....	6
2.2 GRASA.....	7
2.3 LACTOSA.....	7
2.4 COMPONENTES INORGANICOS.....	7
3. FACTORES QUE AFECTAN A LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE.....	8
3.1 ESTADO DE LACTACIÓN.....	8
3.2 EDAD.....	10
3.3 MEDIO AMBIENTE.....	10
3.4 MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN.....	11
3.5 ENFERMEDADES.....	11
3.6 INFLUENCIA HORMONAL.....	11
3.7 ALIMENTACIÓN.....	12
4 REFERENTES DEL ASEGURAMIENTO TOTAL DE LA CALIDAD DE LA LECHE BOVINA.....	27
4.1 CALIDAD COMPOSICIONAL.....	27
4.2 CALIDAD HIGIENICO-SANITARIA (INOCUIDAD).....	27

4.3 CALIDAD SENSORIAL.....	28
4.4 CALIDAD COMERCIAL.....	28
4.5 CALIDAD ÉTICA.....	29
5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA.....	29
5.1 SÓLIDOS TOTALES.....	29
5.2 GRASA.....	30
5.3 SÓLIDOS NO GRASOS.....	31
5.4 SUSTANCIAS NITROGENADAS.....	31
5.5 LACTOSA.....	32
5.6 MINERALES.....	33
6. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS.....	33
6.1 PRUEBA DE EBULLICIÓN.....	34
6.2 PRUEBA DE ALCOHOL.....	34
6.3 ÍNDICE LACTOMETRICO.....	34
6.4 DENSIDAD.....	34
6.5 ÍNDICE CRIOSCOPICO.....	35
6.6 ÁCIDOS TITULABLE.....	35
6.7 POTENCIAL REDOX.....	36
7. CONCLUSIONES.....	36
8. LITERATURA CITADA.....	37

“FACTORES NUTRICIONALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE EN BOVINOS”

RESUMEN

Durante los últimos años la industria láctea nacional ha tenido a instaurar sistemas de pago en cuyas pautas que incluyen, en ponderación creciente, aspectos de calidad higiénica y composicional de la leche.

Con la finalidad de establecer las causas nutricionales, alimentarias y metabólicas implicadas en la calidad de la leche en la síntesis de proteínas lácteas, se revisó la información generada bajo estas condiciones y aquella que permitieran explicar la baja concentración de la proteína en la leche.

Esto es debido quizás a la falta de comprensión de las complejas relaciones de causa y efecto entre la alimentación y la composición láctea. La nutrición, y también el manejo, ofrece medios para conseguir cambios en la composición de la leche pero la predicción de los resultados esperados para unas condiciones nutritivas determinadas no es satisfactoria debido a las complejas interacciones de los alimentos a nivel ruminal y de las vías metabólicas de síntesis y secreción de los componentes lácteos.

La información presentada permite establecer el nivel de comprensión que se tiene sobre el concepto de aseguramiento total de la calidad en la cadena agroalimentaria de la leche bovina, se deben tener en cuenta referentes de calidad en términos de la composición química y su relación con el aporte nutricional y su caracterización como materia prima para el procesamiento tecnológico; la inocuidad como una garantía de protección de la salud humana.

PALABRAS CLAVES

Estado de lactación, edad, medio ambiente, enfermedades, reproducción, hormonas, alimentación.

1. INTRODUCCION

En el país los sistemas productivos de leche son diferentes, clasificados principalmente en cuatro: Especializado, Semiespecializado, Doble Propósito y Familiar o de traspatio.

En cuanto a la evolución de la producción nacional de leche de bovino, ésta ha tenido una tendencia ascendente, registrando en el periodo de 1996- 2006 de 2.8%; aunque a partir de 2004 el volumen de producción ha presentado un crecimiento de 0.83% y representa un aumento de 164.9 millones de litros de leche, sin lugar a dudas un avance significativo en el abastecimiento del mercado nacional. Los avances alcanzados en la tecnificación de la producción lechera, la aplicación de técnicas de manejo del ganado con mejores características productivas y el equipamiento de las explotaciones, ha permitido en cierta medida este crecimiento(Ramos,etal,1998).

La consolidación y expansión de las empresas lecheras y de organizaciones de productores integrados han incrementado su participación en el mercado de productos terminados presentando mejores ingresos para sus asociados, al participar del valor agregado generado en el proceso de transformación(Agudelo y Puerta,2004).

Los sistemas de producción en México se clasifican en :

Especializado; caracterizado por contar con ganado especializado para la producción de leche, principalmente de las razas Holstein y en menor medida de las razas pardo suizo y Jersey, estos sistemas cuentan con tecnología altamente especializada, el manejo del ganado es predominantemente estabulado y la dieta se basa en forrajes de corte y alimentos balanceados. La ordeña es mecanizada y la producción se destina principalmente a las plantas pasteurizadoras y transformadoras(Henno y Junca,1996).

Semiespecializado: Aun cuando predomina el ganado de las razas Holstein y Pardo Suizo no se llega a los niveles de producción del sistema anterior.

El ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación que se desarrolla en pequeñas extensiones de terreno, la ordeña puede ser manual o mecanizada, en ordeñadoras individuales o de pocas unidades, mantiene un nivel medio de tecnología y en ocasiones se cuenta con algunos sistemas de enfriamiento aunque no es lo común.

Doble Propósito: dentro de este sistema predominan las razas Cebuinas y sus cruza, en este sistema el ganado sirve para la producción de carne como de leche. El manejo del ganado se da en forma extensiva, confinándose a los corrales solo durante la noche, su alimentación se basa en el pastoreo y con un mínimo de complementos en alimentos balanceados. La ordeña es manual.

Familiar o de traspatio: esta actividad se limita a pequeñas extensiones de terreno, cuando se ubican cerca de la vivienda se denomina de traspatio (Alcaraz,etal,2001). Las razas varían desde Holstein y Suizo Americano y sus cruza, la alimentación se basa en el pastoreo o en el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de los que se producen en la misma granja.

El sistema lechero mexicano no es homogéneo, es decir, las unidades productivas no son iguales en cuanto a tecnología, número de vientres, técnicas y procedimientos reproductivos utilizados, calidad de los forrajes y de la alimentación para los animales; así como mecanismos de comercialización y de aprovechamiento de los recursos disponibles (Schlimme y Buchhelm,2002).

Si bien existen desde los ranchos más grandes y modernos (La Laguna, y algunas granjas altamente tecnificadas en estados como Baja California, Querétaro e Hidalgo, algunos con más de dos mil 500 vacas en producción).

Encontramos también unidades productivas con un nivel de tecnificación menor como las que se encuentran en el estado de Jalisco cuyas ganancias están en función de la cantidad de animales y no en términos de productividad.

Existen también unidades explotadas de manera familiar, con menor o nulo desarrollo tecnológico; un bajo número de vientres en explotación, utilizando tecnología y procedimientos productivos atrasados como la ordeña manual y se basan en el uso de forrajes de menor calidad; con presencia de componentes tecnológicos promovidos por instituciones gubernamentales, y sus instalaciones son rústicas. Los mecanismos de comercialización se encuentran sujetos a empresas externas o locales dedicadas a la producción de quesos en forma artesanal.

En México, el primer centro ganadero de importancia nace en Chihuahua y Sonora e inclusive, Durango. Paralelamente se desarrolla una ganadería intensiva en la comarca de La Laguna entre los estados de Coahuila y Durango y su apertura al mercado externo; los norteamericanos contribuyeron a orientarlo al mercado de exportación.

La segunda gran región productora se sitúa en la costa del Golfo de México, donde condiciones más favorables permitieron una ganadería orientada, en parte, a la exportación. Más recientemente, nace el tercer gran centro productor en el centro del país, Jalisco donde el crecimiento de las ciudades ha provocado el desarrollo de una ganadería más intensiva. El mejoramiento del nivel de vida y la urbanización creciente ha favorecido una transformación en los hábitos alimenticios, donde la leche y los derivados se consolidan como parte importante del modelo de consumo actual factores que ha favorecido el desarrollo de este estado como uno de los principales productores de leche en México (Ramos, et al, 1998).

Al primero corresponde 50.6% de la producción total de leche, mientras que el estrato familiar representa 9.8% del total de la leche producida; por su parte el de doble propósito aporta el 18.3%; en tanto que el nivel semi-especializado sólo produce 21.3%.³

Dentro de los factores que determinan la producción está la estacionalidad de la misma, en los sistemas de traspato y de doble propósito, ésta presenta un sobre producción en los meses de lluvia debido a que esta favorece el crecimiento de los pastos y praderas principal fuente de alimento en este sistemas, observándose una sobreoferta y por ende, la caída de los precios.

El fenómeno de la estacionalidad afecta principalmente a los sistemas familiares que carecen de infraestructura para el almacenamiento de la leche, misma que se penaliza en los precios, los cuales durante los meses de mayor producción son considerablemente bajos. Y en menor medida, en los sistemas de doble propósito.

En 2005 existía un hato de 2.197 millones de cabezas de ganado productoras de leche; el estado de Durango cuenta con 273.5 mil cabezas y representa el 12.4% seguido Durango con 11.7% que significan 256 mil cabezas de ganado; Jalisco se posiciona tercer lugar en cuanto al inventario pero es el primer lugar dentro de la producción de este lácteo, con una aportación promedio para el periodo de 1996-2006 de 17% del volumen total (1,560 millones de litros). El valor de la producción ascendió a cuatro mil 631 millones de pesos(Ramos,etal,1998).

En la actualidad, la región de La Laguna, ubicada en los estados de Coahuila y Durango, es considerada como la primera cuenca lechera especializada del país, cuya característica fundamental es la de ser el complejo lechero más tecnificado y moderno con base en el denominado “modelo Holstein”, el cual se relaciona con el subsistema agrícola .Por medio de la producción de forrajes y en especial de alfalfa, ya que el origen de los ingredientes que componen la dieta utilizada en este sistema proviene de la“artificialización” del ecosistema mediante especies inducidas de plantas forrajeras cultivadas y cosechadas para la alimentación del ganado.

Por lo tanto, no es de asombrarse que esto estados se encuentren entre los principales productores de leche a nivel nacional.

El proceso de globalización que se registra a nivel mundial ha repercutido en todos los ámbitos, el sector pecuario, debido a su vinculación a la agricultura, se ha visto afectado. Dentro de este contexto, la agroindustria tiene el reto de abastecerse de los insumos necesarios para su reproducción, a través de la incorporación de nuevas tierras de pastizales, así como garantizar la producción de los insumos necesarios para la reproducción de esta actividad.

En estos términos, la industria agroalimentaria se desarrolla y presenta una reorganización de la producción agropecuaria que deriva hacia la producción ganadera de tipo intensivo, destinada ésta a satisfacer la demanda de insumos que la agroindustria requería, generándose un proceso de integración internacional del sector agroalimentario, lo que significa que la ganadería quedó muy vinculada al mercado externo por la compra de insumos y las ventas del mercado internacional. Esta situación puede ser su gran debilidad (Agudelo y Puerta, 2004).

Existen puntos de fragilidad que es necesario señalar: en primer lugar, una dependencia casi absoluta del exterior, fundamentalmente de Estados Unidos y Canadá, insumos y en general, del paquete tecnológico requerido para el modelo de producción desarrollado; en segundo, una sobreexplotación de los recursos naturales, básicamente agua y suelo que últimamente está dando señales de alerta importantes la erosión ocasionada por la ganadería extensiva, así como la sobre explotación de los mantos freáticos .

En tercero, el que hay un número importante de productores, que no tienen acceso a la tecnología necesaria para desarrollar su producción y cuya situación se vuelve cada día más precaria.

Sin contar además que México es un país deficitario en la producción de leche al importar en 2006 entre el 30 y 40% del consumo nacional. De este porcentaje, el 62% se destina a programas de abasto social (LICONSA) y el 38% es consumido por la industria alimentaria.

La implementación de programas de compra de leche a productores, puede ser una opción tanto para garantizar el consumo de este producto en el mercado como para reducir la presión de los pequeños productores de comercializar su leche, es decir, colocar su producto en el mercado. Esto sin embargo no garantiza el éxito en el futuro, más bien la cooperación y las alianzas entre pequeños productores han dado muestra de lo eficaz que puede ser, así se aminoran los costos al compartir los riesgos, se reduce el intermediarismo al vender directamente a la industria pasteurizadora, la inversión es menor y en general, los productores

pueden colocar su producto en el mercado con una calidad mayor y a un precio que permita reducir las pérdidas.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los factores generales que afectan la calidad de la leche de bovinos. Los factores de la calidad composicional de la leche son de origen genético y ambiental, entre los últimos años los de mayor trascendencia son relacionados con el manejo alimenticio. Identificar aquellos aspectos nutricionales que determinan la producción y contenido de grasa, lactosa y proteína láctea, dándose especial énfasis a aquellos aspectos de aplicación en práctica.

JUSTIFICACIÓN

Existen diversos factores que inciden sobre la calidad de la leche, algunos de ellos han sido sometidos a exhaustivos estudios y algunos no han sido debidamente dilucidados, en el presente documento se intenta aclarar, y analizar esos factores que inciden en la calidad de la leche y que no han sido debidamente estudiados.

2.COMPOSICIÓN DE LA LECHE.

La leche puede definirse como una dispersión acuosa compleja que contiene grasa emulsionada, proteína en estado coloidal y disperso, y compuestos orgánicos e inorgánicos solubles: minerales, lactosa, vitaminas hidrosolubles y sustancias nitrogenadas no proteicas.

Los diferentes componentes de la leche son:

2.1.a) PROTEÍNA.

La ubre sintetiza seis tipos de proteína: cuatro caseínas (alfa-1, alfa-2, beta y kappa), beta-lactoglobulina y alfa-lactalbúmina. Las seroalbúminas e inmunoglobulinas presentes proceden de la sangre. La gamma-caseína proviene de modificaciones de las demás caseínas. Las proteosomas-peptonas resultan de una limitada proteólisis de las proteínas secretorias.

En pequeña proporción se encuentran proteínas sintetizadas por las células secretorias que tienen propiedades inmunológicas, enzimáticas, etc. Una parte del nitrógeno de la leche se encuentra en forma no proteica, siendo el componente más importante de esta fracción la urea. Las caseínas constituyen la principal fracción proteica de la leche. La alfa-lactalbúmina participa en el complejo enzimático que sintetiza lactosa.

2.2.b) GRASA.

El 99% se encuentra en forma de triglicéridos, el resto son fosfolípidos, glicolípidos, colesterol, ácidos grasos libres, esteroides y vitaminas liposolubles. Los ácidos grasos contienen de 4 a 18 carbonos, siendo más abundantes el mirístico (C14), palmito (C16), esteárico (C18), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2). El triglicérido más abundante en la grasa láctea es el 1,2-dipalmitil-3-butiril-glicerido.

2.3.c) LACTOSA.

Es un disacárido compuesto por una molécula de glucosa y otra de galactosa. El nivel de lactosa en la leche es muy independiente de la ración. Es el principal osmolito de la leche y por ello su concentración se correlaciona con los niveles de sodio, cloro y potasio.

2.4.e) COMPONENTES INORGÁNICOS.

El calcio, fósforo y magnesio se encuentran principalmente unidos a la caseína. El potasio, sodio y cloro contribuyen a la osmolaridad. Además se encuentra azufre y elementos traza cuya proporción varía considerablemente en función de los aportes de la ración. El agua constituye un 87% de la leche producida.

3. FACTORES QUE AFECTAN A LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE.

Los factores que afectan a la composición de la leche se pueden dividir en dos grandes grupos:

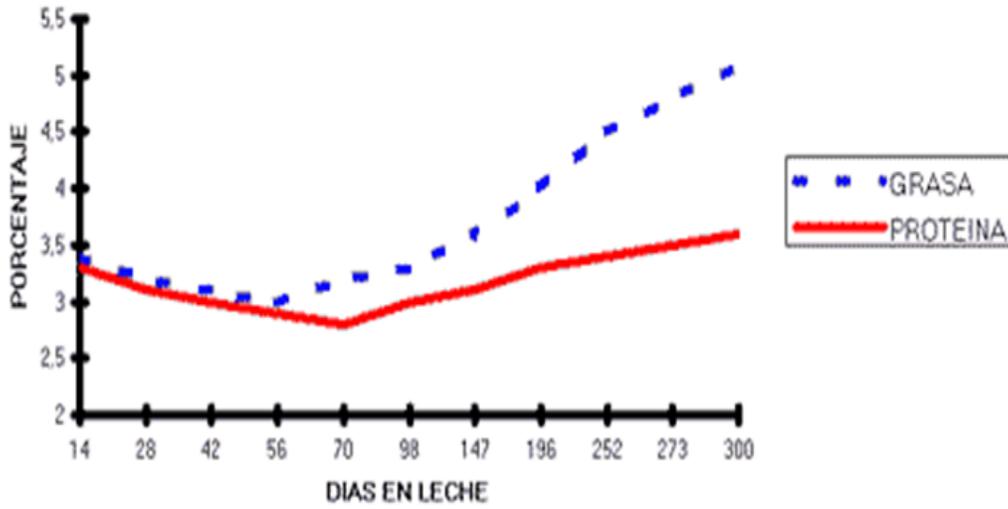
a) Genéticos: responsables al menos en un 45%

b) Nutricionales y de manejo; influyen un 55%

- Estado de lactación
- Edad
- Medio ambiente
- Enfermedades concurrentes
- Hormonas
- Alimentación

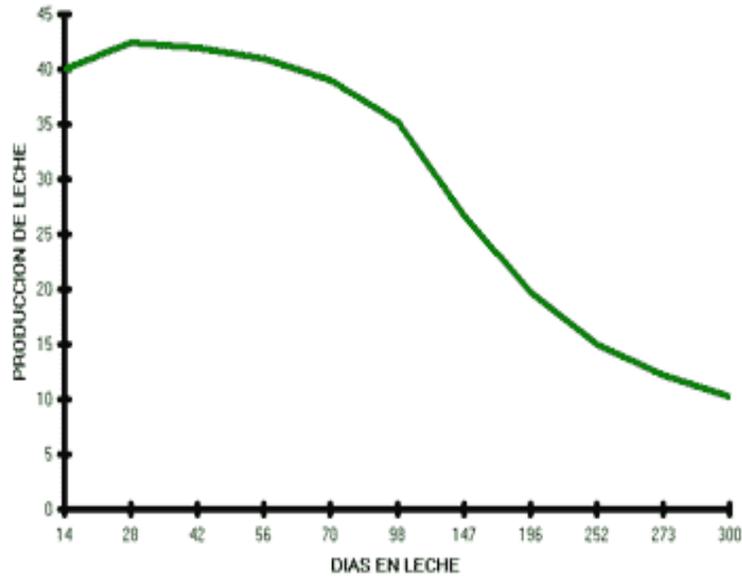
3.1.ESTADO DE LACTACIÓN.

Como puede apreciarse en la figura 1 y 2, los porcentajes de grasa y proteína sólo son útiles como medida de la calidad genética y del estado nutricional del rebaño si son referidos a la producción de leche y al momento de lactación del rebaño.



(Correa y Martin,2002)

Figura1.Evolución del porcentaje graso y proteico durante la lactación.



(Correa y Martin,2002)

Figura 2. Evolución de la producción de leche.

3.2.EDAD.

La influencia de la edad es relativamente poco importante si la tasa de reposición del rebaño es normal (n^0 medio de partos = 3), p. ej. el descenso en el porcentaje de lactosa con la edad es:

- De 2 a 4 años: 0.13%
- De 4 a 6 años: 0.16%
- De 7 a 6 años: 0.25%

3.3.MEDIO AMBIENTE.

Las condiciones ambientales ejercen una influencia estacional en la producción y composición de la leche. El verano en las regiones cálidas determina un descenso acentuado en ambos parámetros.

Las temperaturas elevadas ejercen un efecto negativo sobre el comportamiento ingestivo de los animales, reduciéndose el consumo de materia seca total. Además ocurren alteraciones fisiológicas que modifican el funcionamiento del rumen. Ambos fenómenos determinan:

- Un menor consumo de energía
- Reducción en el consumo de fibra
- Alteración de las relaciones molares de los productos de fermentación ruminal
- Reducción en el aporte de proteína
- Reducción en el aporte de minerales

Por tanto el medio ambiente repercute básicamente en la cantidad de nutrientes aportados al organismo.

3.4.MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN.

El aporte de una elevada cantidad de concentrados a pesebre o en cornadiza dos veces por día determina unos resultados en producción y composición de la leche que pueden mejorarse sustancialmente aumentando el número de veces por día en que se realiza el aporte. El efecto conseguido sobre porcentaje de grasa es notable. El uso de raciones completas mezcladas elimina el efecto debido a la mayor frecuencia de alimentación.

El aporte de agua es el factor nutricional más determinante de la producción láctea, un suministro inadecuado en cantidad o calidad ocasiona una reducción drástica en la producción de leche modificando los porcentajes de grasa y proteína.

3.5.ENFERMEDADES.

La enfermedad por excelencia que altera la composición de la leche es la mastitis debido a la modificación de la permeabilidad del tejido secretor que determina un descenso en el contenido de lactosa y potasio y el aumento en los contenidos de sodio y cloro. Otras enfermedades que repercuten en la composición de la leche son la acidosis ruminal que determina el denominado “síndrome de caída de la grasa” y la cetosis subclínica que se acompaña de un descenso pronunciado de la proteína láctea.

3.6.INFLUENCIA HORMONAL.

La relación insulina/somatotropa determina la partición de los nutrientes absorbidos por el organismo hacia cada tipo de tejidos. La relación no es constante, tiene un mínimo al comienzo de la lactación y va aumentando al avanzar esta.

La teoría insulina-glucogénica postula que el nivel de insulina en sangre influye sobre la síntesis de grasa láctea por reducción del aporte de precursores al tejido mamario. Otras teorías sugieren una acción directa sobre uno o más pasos de la síntesis de la grasa.

Sin embargo, pruebas de hiperinsulinemia-glucemia en vacas indican que el porcentaje de grasa se reduce por efecto de dilución al aumentar la producción de leche.

Respecto a la proteína láctea se ha observado en dichas pruebas, un aumento de la producción y del porcentaje tanto mayor si existe un aporte extra de aminoácidos a la ubre, ya que la insulina determina una reducción drástica de los valores de aminoácidos en sangre (hasta un 64% para aminoácidos esenciales de cadena ramificada).

3.7.ALIMENTACIÓN.

Para comprender la influencia de la alimentación en la composición de la leche es necesario conocer cuál es el origen de los nutrientes utilizados por la ubre y cuáles son las vías metabólicas que conducen a los diferentes componentes. Este es el objetivo de los próximos enunciados.

ORIGEN DE LOS NUTRIENTES UTILIZADOS EN LA SÍNTESIS DE LA LECHE.

Los productos finales de la digestión son ácidos grasos volátiles, ácido láctico, glucosa, aminoácidos, amoníaco y ácidos grasos de cadena larga saturados en su mayor parte.

La composición de la mezcla de estos productos finales depende de factores relacionados con la ración aportada (composición, forma de presentación, etc.) y con el animal que la recibe (nivel de alimentación, adaptación, etc.) (Ramos,etal, 1998).

Cuantitativamente es difícil valorar las relaciones existentes entre la ración y los productos finales de la digestión. A veces modificaciones en la ración originan múltiples cambios coordinados en los productos finales difíciles de relacionar (Harris y Lobley,1991).

En otras ocasiones, pequeños cambios pueden tener consecuencias evidentes y directas. En los cuadros 1, 2 y en la figura 3 se representa el flujo de nutrientes desde el aparato digestivo hasta la ubre.

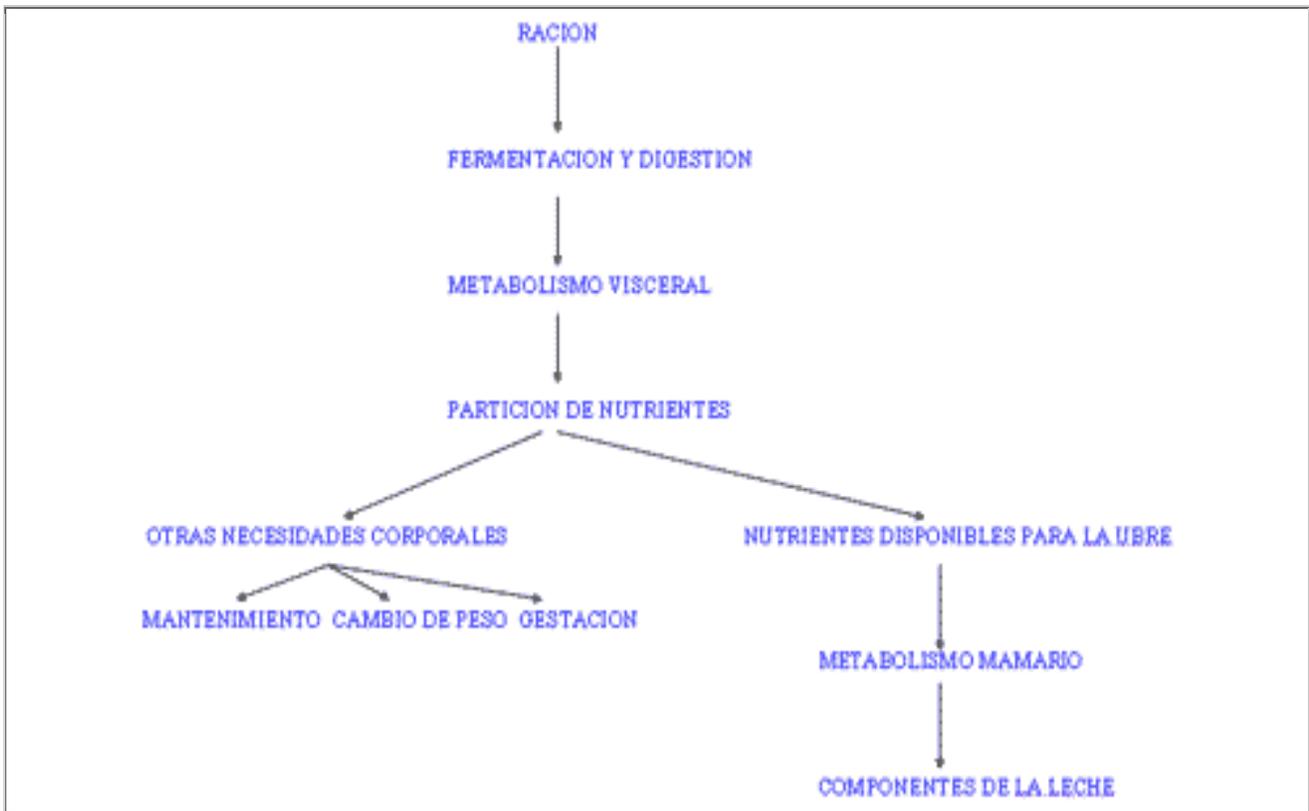
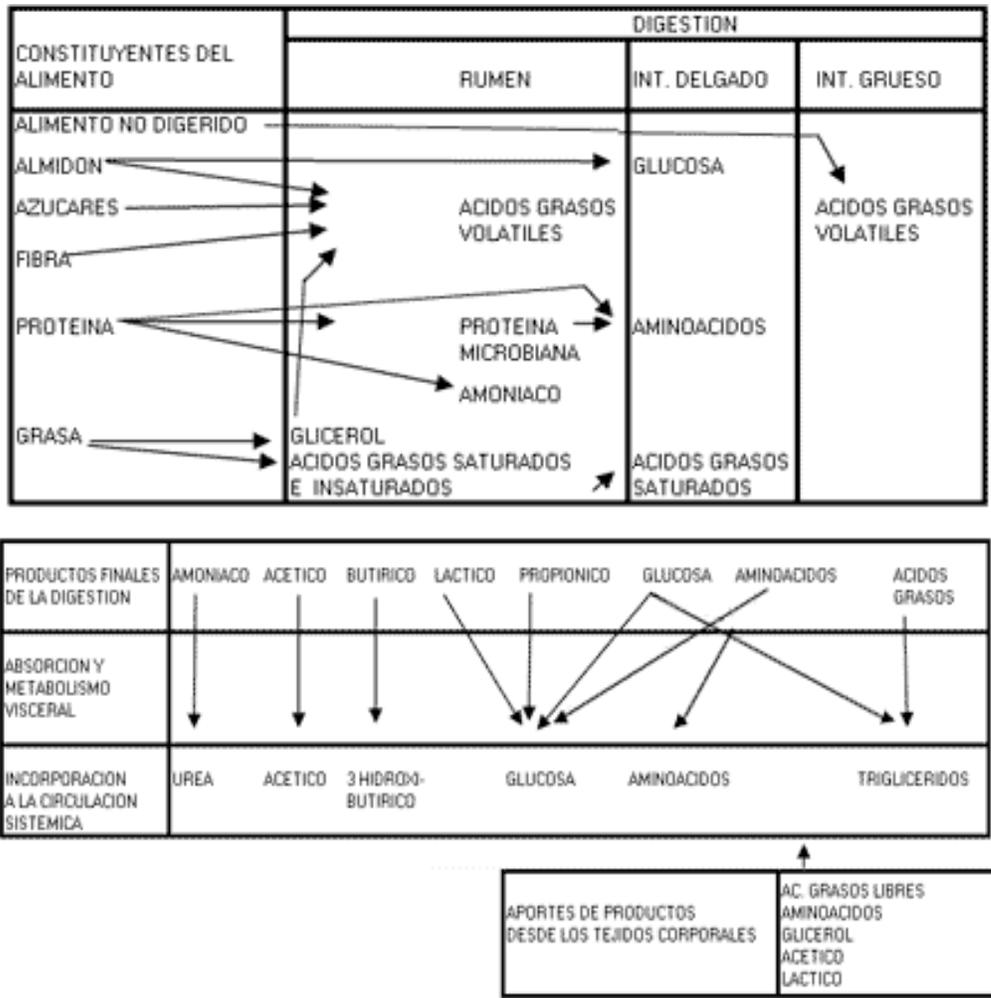


FIGURA 3 / Flujo de los nutrientes en el organismo.

(Adaptado de Nocek,etal,1990, y Thomas,etal,1986)

CUADRO 1 / Flujo de los nutrientes.

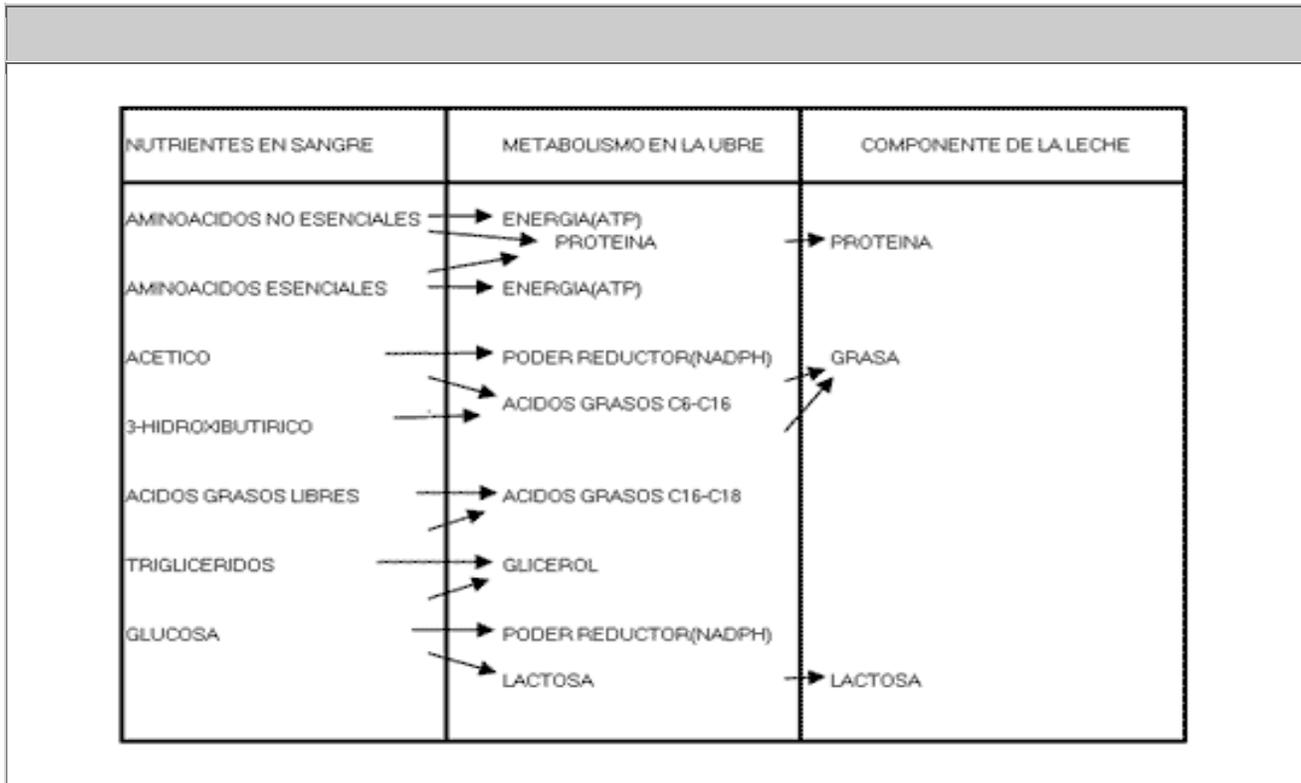


SIGNIFICADO METABOLICO DEL FLUJO DE ALGUNOS NUTRIENTES

NUTRIENTE	TEJIDO	FLUJO	SIGNIFICADO
ACETICO	VDP	POSITIVO	INGESTA DE ENERGIA
PROPIONICO	VDP	POSITIVO	INGESTA DE ALMIDON DEGRADABLE
LACTICO	HIGADO	NEGATIVO	SINTESIS DE GLUCOSA
	VDP	POSITIVO	METAB. TISULAR DE GLUCOSA DIETETICA
	HIGADO	NEGATIVO	SINTESIS DE GLUCOSA
GLUCOSA	VDP	NEGATIVO	CONSUMO VISCERAL DE GLUCOSA
	HEPATICO	POSITIVO	INGESTA DE ENERGIA

VDP: VISCERAS DRENADAS POR LA VENA PORTA
(Adaptado de Nocek, et al, 1990, y Thomas, et al, 1986)

CUADRO 2 / Metabolismo de los nutrientes en la ubre.



(Adaptado de Thomas,etal,1986)

CUADRO 3 / Efecto de la relación forraje / concentrado sobre diversos parámetros digestivos.

FORRAJE	CONCENTRADO	FDN	TIEMPO TOTAL	APORTE TAMPON	pH	PROPORCION
%	%	% M.S.	DE MASTICACION MINUTOS/DIA	DE LA SALIVA KG/DIA	RUMINAL	ACETICO/ PROPIONICO
100	0	65	960	2,4	7	3,9
80	20	55	940	2,3	6,6	3,4
60	40	45	900	2,2	6,2	2,9
40	60	34	820	2,1	5,8	2,1
20	80	24	660	1,9	5,4	1,4
0	100	14	340	1,5	5	0,8

(Adaptado de Thomas,etal,1986)

Las raciones ricas en almidones reducen la proporción acético/propiónico; si predominan los forrajes aumenta dicha proporción y si se incorporan abundantes azúcares solubles aumenta la producción de butírico respecto a los otros ácidos.

Las raciones con suficiente almidón no degradable también proveen glucosa para su absorción a nivel intestinal. Los carbohidratos no fermentados ni digeridos en intestino delgado son fermentados a nivel de intestino grueso, absorbiéndose también aquí ácidos grasos volátiles.

La fracción digestible de la proteína sintetizada por los microorganismos del rumen (proteína microbiana) y de la proteína del alimento que llega a intestino delgado sufre proteólisis y es absorbida como aminoácidos. Una parte de la proteína es degradada en el rumen hasta amoníaco y se absorbe como tal (Henno y Junca, 1996).

Los ácidos grasos de la ración pueden ser saturados e insaturados. Los ácidos insaturados son hidrogenados en su mayor parte a nivel ruminal, lo que determina que el aporte dietético de ácidos grasos esenciales (linoleico, linolénico, araquidónico) sea muy limitado en los rumiantes.

Por tanto hasta el momento de su absorción digestiva los nutrientes disponibles dependen principalmente de factores relacionados con la ración. Esta situación cambia en gran medida en la siguiente fase del flujo de nutrientes hasta la ubre.

Desde su absorción digestiva hasta su entrada en la circulación general vía vena hepática, la mayoría de los nutrientes sufren un intenso metabolismo a dos niveles : tejidos y órganos drenados por la vena porta e hígado .

Este metabolismo parcial es de gran importancia ocurriendo consumo de algunos compuestos y síntesis de otros, así:

- El butírico es metabolizado a beta-hidroxibutírico casi en su totalidad y como tal se incorpora a la circulación general
- La salida de acético desde el hígado es mayor que la entrada por degradación de ácidos grasos de cadena larga de origen digestivo y otros provenientes del catabolismo de la grasa corporal.
- El ácido propiónico es utilizado en su totalidad en el hígado para la síntesis de glucosa.
- La pequeña fracción de ácido láctico absorbida es oxidada en la pared intestinal para proveer energía, existe un aporte neto de ácido láctico al hígado, procedente de la oxidación de la glucosa en los tejidos viscerales, que es utilizado para la síntesis hepática de glucosa.
- La glucosa absorbida es consumida totalmente en el metabolismo visceral y sólo ocurre un flujo neto a elevados consumos de energía; desde el hígado ocurre un aporte neto de glucosa a la circulación general procedente principalmente de la síntesis desde propiónico, aminoácidos absorbidos y endógenos, láctico endógeno, y glicerol endógeno procedente del catabolismo de la grasa corporal.
- Los aminoácidos sufren un intenso metabolismo visceral y hepático, siendo utilizados como fuente de energía por el tejido intestinal y para la síntesis de glucosa en hígado, este destino depende en gran medida de la disponibilidad de propiónico.
- El amoníaco se convierte en urea en hígado para reciclarse en el rumen o ser eliminada vía renal, o puede utilizarse para la síntesis de aminoácidos no esenciales en combinación con oxoglutarato (intermediario del ciclo de Krebs)(Correa,etal,2002).
- Algunos ácidos grasos de menos de 12 carbonos son transportados por el sistema porta al hígado donde son metabolizados, la mayoría de ácidos grasos son esterificados con glicerol y

transportados a través del sistema linfático en forma de lipoproteínas para incorporarse posteriormente a la circulación general vía conducto torácico(Henno y Junca, 1996).

El impacto de un desequilibrio en la relación proteínas degradables / energía en el rumen, asociado a elevados valores de urea en leche, es importante para la salud, la fertilidad y la eficiencia productiva de las vacas (Noro y Wittwer, 2003). Tanto la deficiencia de energía como el exceso de proteína en la dieta están asociados con la disminución de la fertilidad (Ferguson y Chalupa,1989).

- En resumen, los nutrientes que llegan a la circulación general tras la absorción digestiva son: acético, beta-hidroxibutírico, aminoácidos, glucosa y triglicéridos.

Estos aportes netos dependerán en gran parte de las reacciones metabólicas que ocurran a nivel de las vísceras abdominales.

- Una vez en la circulación general los nutrientes disponibles para la ubre dependerán de la competencia de otros tejidos (sistema nervioso, músculo, tejidos fetales, etc.) y de los aportes a la circulación general proveniente también de otros tejidos, fenómeno que es importante al comienzo de la lactación por la movilización de las reservas corporales de grasa y proteína que aporta ácidos grasos de cadena larga no esterificados, glicerol y aminoácidos.

- La utilización de los nutrientes para la síntesis de los componentes de la leche exhibe una saturación dependiente de la disponibilidad de sustrato, que a su vez es una función del flujo de sangre y de la concentración de nutrientes en la misma. A concentraciones fisiológicas la captación de los nutrientes es lineal, es decir, la concentración es el principal determinante de la captación(Harris y Loble,1991).

Esto es válido para el ácido acético, los ácidos grasos no esterificados, triacilgliceroles, algunos aminoácidos y otros compuestos. En el caso de la glucosa, la captación no está

influenciada por la concentración, ya que influyen otros factores como la disponibilidad de ácido acético y aminoácidos.

La captación relativa de ácidos grasos no esterificados y triacilgliceroles depende del estado nutricional .

Los factores nutricionales que tienen un efecto reconocido sobre la composición grasa son:

a) RELACIÓN FORRAJE / CONCENTRADO .

Se traduce directamente en la proporción acético/propiónico a nivel ruminal. La relación más favorable sería 40% forraje/60% concentrado para conseguir una relación molar acético/propiónico igual a 2/1 en la mayoría de las situaciones de alimentación. No obstante la relación puede variar de acuerdo con el tipo de forraje y de concentrado utilizado y con el plano de alimentación (Ramos,etal,1998).

La relación forraje/concentrado deberá ajustarse al nivel de alimentación de los animales, es decir, al aumentar la ingesta de materia seca se requerirá mayor cantidad de forraje para mantener el porcentaje graso de la leche. Se han encontrado reducciones entre 0.003% y 0.15% Uds. en la grasa por cada megajulio extra ingerido para una relación forraje/concentrado constante.

b) FIBRA.

El aporte de fibra se relaciona con la salud ruminal y el porcentaje graso de la leche. El objetivo es mantener el pH estable y con un valor superior a 6 por estímulo de la producción de saliva (efecto tampón) y por la capacidad de intercambio catiónico de la matriz fibrosa de los alimentos, a la vez que se maximiza la producción de acético (Bernal y Montoya,2004). La fibra debe valorarse desde dos puntos de vista: su efectividad para mantener el pH

ruminal (efectividad física) y el porcentaje de grasa (efectividad absoluta), y la limitación del consumo de materia seca (efecto de llenado).

Existen dos fuentes principales de fibra en la ración, los forrajes y los subproductos fibrosos. El comportamiento de la fibra de ambos es diferente tanto en su efectividad como en su efecto de llenado ruminal, y ambos, además, son complementarios si queremos conseguir una adecuada digestión.

La expresión más conveniente del aporte fibroso es la Fibra Detergente Neutra (FDN) distinguiendo la fracción aportada por los subproductos fibrosos de la ración y la aportada por los forrajes.

La valoración de los aportes de FDN debe hacerse en kg/día y estos serán aproximadamente equivalentes a un 1.2% del peso vivo del animal con un 75% de dichos aportes en forma de forrajes largos o no picados en exceso. La efectividad física se expresa en Tiempo de Masticación como minutos por kilo de materia seca ingerida. La efectividad absoluta se expresa como el Porcentaje de Grasa medido en la leche para un determinado alimento o ración.

Un exceso de fibra en la ración determina una limitación física al consumo de materia seca por efecto de llenado lo que ocasiona una reducción en la ingestión de energía que limita la producción de leche y sus componentes. El Tiempo Total de Masticación que expresa un correcto aporte de fibra tiene un valor mínimo de 30 minutos por kilo de materia seca consumida.

c) CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES (CNE).

Los CNE están integrados por azúcares, almidón y galactanas y fructosanas, presentes en mayor o menor medida según el tipo de alimento.

El principal aporte de CNE a las raciones proviene del almidón de los cereales utilizados. Se ha podido comprobar que la diferente velocidad de degradación del almidón determina respuestas en la composición de la leche y en su producción.

Si la fracción rumen-degradable del almidón es fermentada muy rápidamente ocurre una reducción marcada del pH ruminal que inhibe a la flora celulolítica y la digestión de la fibra. Si esta situación persiste, se altera la relación molar acético/propiónico y ocurre una reducción en el porcentaje de grasa de la leche. Otra consecuencia de un bajo pH mantenido es la biohidrogenación incompleta de las grasas insaturadas que lleva a la absorción de ácidos grasos largos en configuración trans (los presentes en la grasa corporal y de la leche son de configuración cis) que tienen un efecto inhibitorio directo sobre la síntesis de grasa en la ubre (Sutton,etal,1980).Por otro lado, se requiere un aporte mínimo de almidón (-->propiónico-->glucosa-->ciclo pentosas fosfato) en la ración para evitar un déficit de poder reductor (NADPH) a nivel mamario que como hemos visto es necesario para la síntesis de la grasa.

CUADRADO 4 / Efecto del tipo y nivel de almidón en la ración.

RELACION HENO/CONCENTRADO				
	" 40 : 60 "		" 10 : 90"	
	CEBADA	MAIZ	CEBADA	MAIZ
PRODUCCION DE LECHE KG/DIA	16,1	19	20,6	15,6
% GRASA	4,35	3,9	2	2,9
PRODUCCION DE GRASA GR/DIA	725	761	419	461
% PROTEINA	3,05	2,9	2,9	3,3
PRODUCCION DE PROTEINA GR/DIA	506	562	617	535
% LACTOSA	4,39	4,4	4,48	4,41
PRODUCCION DE LACTOSA GR/DIA	729	852	954	714
CONSUMO DE ALMIDON KG/DIA	4,1	4,3	5,75	6,37
ALMIDON DIGERIDO EN RUMEN %	89	72	90	67

(Adaptado de Sutton,et al,1980)

Los azúcares aportados por la ración sólo son importantes si se utilizan melazas o forrajes frescos. Aumentan la producción de butírico y el porcentaje de grasa en la leche. Este efecto es quizás debido a que el butírico es el principal ácido graso de cadena corta que forma parte de los triglicéridos de la leche.

Las fructosanas y galactanas son las sustancias de reserva de los forrajes y granos de leguminosas y su aporte es normalmente escaso.

El aporte de CNE debe limitarse a un 28-36% de la ración y el almidón no debe rebasar el 28% o una cantidad de 7 kg/día. Existen dos posibilidades para superar los problemas derivados de aumentar la concentración energética de la ración utilizando altas proporciones de cereales: utilizar tampones ruminales y/o agentes alcalinizantes, o utilizar concentrados energéticos no almidonados (ej. grasa inerte o subproductos fibrosos muy digestibles).

CUADRO 5 / Justificación metabólica de las respuestas observadas.

PRODUCTO FINAL DE LA DIGESTION	COMPONENTE DE LA LECHE AFECTADO	% DE EFECTO EN EXPERIENCIAS	MODO DE ACCION SUGERIDO
ACETICO	GRASA	15,6	AUMENTO DE PRECURSORES PARA LA SÍNTESIS DE GRASA EN LA UBRE
	PROTEINA	5,5	AUMENTO DE ENERGIA DISPONIBLE PARA LA SINTESIS
	LACTOSA	10,3	IDEM
	GRASA	-10,5	REDUCCION DE PRECURSORES PARA SÍNTESIS DE GRASA/DILUCION DE LA GRASA LACTEA
PROPIONICO	PROTEINA	4	MAYOR DISPONIBILIDAD DE AMINOACIDOS DE ORIGEN MICROBIANO/ AUMENTO INSULINA CIRCULANTE
	LACTOSA	-0,8	REDUCCION DE LA GLUCOSA CIRCULANTE
	GRASA	10,6	AUMENTO DE PRECURSORES LA SÍNTESIS DE GRASA EN LA UBRE
BUTIRICO	PROTEINA	-2,9	DESCONOCIDO
	LACTOSA	-7,7	DESCONOCIDO
GLUCOSA	GRASA	-5,2	DILUCION DE LA GRASA LACTEA
	PROTEINA	4,4	AUMENTO DE INSULINA CIRCULANTE/REDUCCION DE GLUCONEOGENESIS DESDE AMINOACIDOS
	LACTOSA	9,9	MAYOR DISPONIBILIDAD DE PRECURSOR
ACIDOS GRASOS DE CADENA LARGA	GRASA	14,9	AUMENTO DE ACIDOS GRASOS PREFORMADOS
	PROTEINA	N.D.	
	LACTOSA	N.D.	
	GRASA	4,8	DESCONOCIDO
AMINOÁCIDOS	PROTEINA	12,8	AUMENTO DE AMINOACIDOS DISPONIBLES
	LACTOSA	15,4	DESCONOCIDO

(Adaptado de Sutton,etal,1980)

CUADRO 6 / Resumen de cambios en la alimentación que alteran la composición de la leche.

EFECTO SOBRE				
CAMBIO	PORCENTAJE GRASA	DE	PORCENTAJE DE PROTEINA	DE
INGESTION MAXIMA	AUMENTO		AUMENTO 0,2 A 0,2 UDS	
AUMENTO DE LA FRECUENCIA DE ALIMENTACION DE CONCENTRADOS	AUMENTO DE 0,2 A 0,3 UDS		AUMENTO LIGERO	
REDUCCION DE LA INGESTA DE ENERGIA	POCO EFECTO		DESCENSO DE 0,1 A 0,4 UDS	
ALTO APORTE DE CNE >45%	DESCENSO DE 1%		AUMENTO DE 0,1 A 0,2 UDS	
APORTE NORMAL DE CNE	AUMENTO		MANTENIMIENTO	
ALTO APORTE DE FDN	INCREMENTO MARGINAL		DESCENSO DE 0,1 A 0,4 UDS	
BAJO APORTE DE FDN <26%	DESCENSO DE 1% O MAYOR		AUMENTO DE 0,2 A 0,3 UDS	
PEQUEÑO TAMAÑO DE PARTICULA	DESCENSO DE 1% O MAYOR		AUMENTO DE 0,2 A 0,3 UDS	
ALTO APORTE DE PROTEINA BRUTA	SIN EFECTO REDUCCION		O AUMENTO SI EXISTIA DEFICIENCIA PREVIA	
BAJO APORTE DE PROTEINA BRUTA	SIN EFECTO REDUCCION		O DESCENSO SI LA RACION ES DEFICIENTE	
ALTO APORTE DE PROTEINA NO DEGRADABLE >40%	SIN EFECTO		AUMENTO SI LA RACION PREVIA ERA DEFICIENTE	
AMINOACIDOS PROTEGIDOS	SIN EFECTO		AUMENTO SI LA RACION PREVIA ERA DEFICIENTE	
GRASA SUPLEMENTARIA	VARIABLE FUENTE	SEGUN	DESCENSO DE 0,1 A 0,2 UDS	
ADITIVOS MINERALES	AUMENTO SI LA RACION ACIDOGENICA	SI LA ERA	VARIABLE ADITIVO	SEGUN
VITAMINAS B	SE REQUIEREN MAS EXPERIENCIAS	MAS		

(Adaptado de Sutton,etal,1980)

4. REFERENTES DEL ASEGURAMIENTO TOTAL DE LA CALIDAD DE LECHE BOVINA.

4.1. CALIDAD COMPOSICIONAL.

La calidad composicional de la leche bovina constituida por el contenido de sólidos totales, grasa y proteína, determina su valor nutricional y su aptitud como materia prima para el procesamiento (Bernal y Montoya, 2004). Este referente de la calidad varía en función de aspectos de tipo genético (inter-raciales e intra-raciales), fisiológico (edad, etapa de la lactancia y estado sanitario de las vacas) y ambiental (alimentación, clima y sistema de manejo).

Desde el punto de vista de su valor nutricional, la leche bovina constituye una excelente fuente de proteínas (caseínas, lactoglobulinas, lactoalbúminas e inmunoglobulinas, entre otras), carbohidratos (lactosa), lípidos (triglicéridos y fosfolípidos), y minerales (calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro), convirtiéndose en un alimento ideal para el ser humano en sus diferentes etapas de desarrollo y en un sustituto perfecto de la leche materna en lactantes (Carrulla, et al, 1999).

El rendimiento de los derivados lácteos está en función del contenido de nutrientes de la leche; es así como, el rendimiento quesero depende del contenido y tipo de caseínas que posee la leche; el de la mantequilla del contenido de grasa; y el de los productos deshidratados del contenido de sólidos totales, determinando a su vez el valor nutricional y las propiedades funcionales de los nutrientes presentes en el producto procesado.

4.2. CALIDAD HIGIÉNICO – SANITARIA (Inocuidad).

El concepto de inocuidad en la cadena agroalimentaria de la leche bovina, debe provenir de la implementación adecuada y estricta de planes y programas preventivos que garanticen la sanidad de los animales, la higiene de la leche y la salud pública de los consumidores minimizando el impacto que generan las Enfermedades Transmitidas por los Alimentos de Origen Lácteo (Colibacilosis, Salmonelosis, entre otras) y la incidencia de Zoonosis (Brucelosis, Tuberculosis, Listeriosis, etc.)

La calidad sanitaria se puede garantizar a través del establecimiento del Registro Único de Vacunación (RUV) y de la inscripción de las explotaciones ganaderas en un programa de "hatos libres de Brucela", y la calidad higiénica mediante la determinación del Tiempo de Reducción del Azul de Metileno (TRAM) o Prueba de Reductasa y el Recuento Total de Bacterias (RTB).

Para configurar un concepto amplio y pertinente de inocuidad en esta cadena agroalimentaria, se deben implementar en el ámbito de las explotaciones ganaderas programas de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) y Buenas Prácticas en el Empleo de Medicamentos Veterinarios (BPMV); así como Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y de Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos (HACCP, por su sigla en inglés) en las plantas pasteurizadoras y procesadoras de leche bovina, las cuales sumadas a un programa de identificación individual y único de los animales en las fincas y la rastreabilidad del producto a lo largo de la cadena agroalimentaria, garantizarán la calidad higiénico-sanitaria de la leche bovina y los derivados lácteos (Capuco, et al, 1997).

4.3. CALIDAD SENSORIAL .

La calidad sensorial u organoléptica está basada en la percepción que reciben los consumidores a través de los órganos de los sentidos, con relación a atributos como el sabor, el aroma, el color y la textura de la leche y sus derivados.

El aroma y el sabor de estos productos dependen de la intensidad y selectividad de los procesos fermentativos proteolíticos y lipolíticos que se desarrollan sobre este sustrato.

El color por su parte, es el resultado de la incorporación de fuentes de caroteno en la dieta, de la capacidad de las diferentes razas bovinas para transformar el caroteno en vitamina A y del empleo de colorantes naturales y sintéticos de grado alimentario en el procesamiento.

La textura constituye un atributo de importancia en la evaluación sensorial de los derivados lácteos, especialmente en quesos, en los que se determina la dureza, fragilidad, masticabilidad, elasticidad y adhesividad de la muestra a analizar. La textura depende de la velocidad de acidificación que a su vez está en función del tipo de cultivo y fermentación, y de los aditivos alimentarios utilizados (renina, pepsina, enzimas microbianas, etc.)

4.4. CALIDAD COMERCIAL .

El concepto de calidad comercial está referido al grado de cumplimiento de las necesidades y expectativas de las empresas pasteurizadoras y procesadoras de la leche y de los consumidores finales de este tipo de alimento.

En el caso de la leche fresca, resulta de gran importancia que la leche venga refrigerada desde el sitio de producción y se mantenga la red de frío en todos los eslabones de la cadena de comercialización de este producto, existiendo bonificaciones para los productores que realizan este procedimiento.

La determinación de la calidad comercial pretende beneficiar a productores y consumidores finales, al fomentar un precio de la leche y sus derivados acorde con su calidad, dentro de un mercado de libre competencia.

4.5. CALIDAD ÉTICA .

La calidad ética hace referencia a la implementación de prácticas y procedimientos que favorezcan el bienestar familiar y la protección del medio ambiente.

En el contexto del bienestar animal se debe garantizar que las vacas tengan acceso libre y suficiente a alimentos y agua potable, a un confinamiento que cumpla con los requisitos mínimos de espacios requeridos, a que puedan expresar libremente su comportamiento etológico, a que se les minimice el dolor y el estrés causados y se les proteja preventiva y curativamente contra las enfermedades(Alcazar,etal,2001).

Para la protección del medio ambiente se requiere implementar programas que se orienten a recolectar en la fuente los sólidos generados, reducir el volumen de agua incorporado a los procesos productivos y tecnológicos implementados y tratar las aguas residuales, buscando una producción y transformación de la leche ambientalmente sostenible.

5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA.

La calidad de la leche tiene que ver con varios aspectos, tales como su composición, propiedades físico-químicas, higiene, condiciones sanitarias y propiedades sensoriales; estas propiedades influyen sobre su valor nutricional y rendimiento industrial.

Por lo anterior, se han desarrollado una serie de técnicas, métodos y herramientas que permiten determinar las características de calidad de la leche cruda. Algunas de las más utilizadas se explican a continuación.

5.1. SÓLIDOS TOTALES .

En la medida en que una leche tenga mayor contenido de sólidos totales, tiene más valor económico, pues dará mayor rendimiento en los procesos industriales y será más nutritiva.

Los sólidos totales se pueden analizar por el método gravimétrico que consiste en secar una muestra de leche a una temperatura que no provoque reacciones de caramelización ni pérdida de sustancias diferentes al agua.

También es posible averiguar el contenido aproximado de sólidos a través de fórmulas empíricas a partir de la densidad y del contenido de grasa.

Existe una correlación negativa entre el contenido de sólidos de la leche y la producción. Las razas especializadas en producción de leche, la producen con menor contenido de sólidos que las de doble propósito o las razas criollas.

El contenido de sólidos también varía con la fase de lactancia, siendo mayor al inicio y final de esta. Normalmente se espera tener valores de 11.5 a 12.0% para las razas de alta producción y de 12.0 a 13.0% para las de baja producción.

5.2. GRASA .

Durante mucho tiempo la grasa fue el componente de mayor valor económico de la leche, sin embargo en la actualidad se aprecia más el contenido de proteína. La grasa es el componente más variable de la leche, tiene una marcada influencia sobre las características sensoriales del producto y sus derivados, tales como el color, aroma y sabor. También tiene mucha importancia en el rendimiento quesero. El valor normal es de 3.4 a 3.8% para la raza Holstein y de 4.0 a 5.5% para razas menos especializadas en producción de leche. El contenido de grasa es mayor para las leches del ordeño de la tarde, probablemente por la diferencia en el intervalo entre ordeños.

La grasa puede sufrir dos tipos de alteraciones conocidas como rancidez hidrolítica y oxidativa. La rancidez hidrolítica se produce por la hidrólisis de los principales componentes de la grasa láctea, los triglicéridos de ácidos grasos, en glicerol y ácidos grasos libres. Este rompimiento se presenta por acción de las lipasas que pueden ser endógenas o de origen microbiano. El incremento del nivel de ácidos grasos libres genera el sabor típico de la mantequilla rancia.

Para prevenir este defecto es necesario evitar el rompimiento de los glóbulos grasos por agitaciones demasiado vigorosas en la leche cruda, y obtener leches con bajos recuentos de bacterias, principalmente psicrótrofas, las cuales producen lipasas termoestables que soportan las temperaturas de pasteurización.

La rancidez oxidativa se presenta por reacción de los ácidos grasos con el oxígeno, principalmente a nivel de las insaturaciones, con formación de peróxidos, hidroperóxidos y radicales libres; este tipo de reacciones son autocatalíticas, lo que hace que una vez iniciadas son prácticamente incontrolables.

Las leches o sus derivados con este defecto presentan sabores metálicos, lo cual causa gran rechazo por parte del consumidor.

Para evitar este defecto es necesario evitar la incidencia directa de la luz sobre la leche y productos lácteos, no utilizar recipientes ni implementos de cobre o de hierro para el manejo de la leche, también es importante desplazar el aire por CO₂ o N₂ de los espacios de cabeza de los empaques y recipientes que contienen productos lácteos, principalmente en los de larga vida útil.

Para evaluar el contenido de grasa de la leche se utilizan los métodos de Gerber o de Babcock, en los cuales se hace una digestión de las proteínas con ácido sulfúrico, luego se

centrifuga para liberar la grasa, la cual se lee en una columna graduada. De esta manera se obtiene el contenido porcentual de grasa de la leche.

También por métodos cromatográficos se puede obtener información más detallada en cuanto al perfil de ácidos grasos que conforman los triglicéridos, o a través del índice de yodo se puede tener una medida del grado de insaturación de los ácidos grasos. Este valor es de gran utilidad ya que las grasas con bajo índice de yodo, al presentar un bajo grado de insaturación, tienden a producir mantequillas duras.

5.3. SÓLIDOS NO GRASOS .

Otro parámetro para evaluar la calidad composicional de la leche es el contenido de sólidos no grasos (SNG), que se obtiene restando la grasa del contenido de sólidos totales. En este grupo están las proteínas, la lactosa y los minerales.

El contenido de SNG tiene relación con el índice de refracción, por lo cual se puede obtener indirectamente por el refractómetro o lactómetro de Bertuzzi, que arroja una lectura llamada índice lactométrico. Este valor aproximado también se puede obtener por fórmulas empíricas basadas en la densidad y el contenido de grasa.

Los SNG tienen una variabilidad algo menor que los sólidos totales y su valor oscila entre 8.4 y 9.2%. Valores por debajo de este rango pueden evidenciar leches muy pobres o con agua adicional y valores superiores hacen sospechar la adición de sólidos utilizados como correctores de densidad (cloruro de sodio, sacarosa o almidón).

5.4. SUSTANCIAS NITROGENADAS .

Dentro de este grupo se encuentran las proteínas y las sustancias nitrogenadas no proteicas.

El contenido de sustancias nitrogenadas varía entre 2.8 y 3.5%. Las proteínas son los componentes más importantes de la leche desde el punto de vista nutricional e industrial y constituyen más del 95% de la fracción nitrogenada.

Las proteínas lácteas se pueden clasificar en caseínas y proteínas del suero. Las caseínas son un grupo de fosfoproteínas que precipitan de la leche descremada al llevar el pH a un valor de 4.6.

En la leche de rumiantes, es muy notable el predominio de las caseínas sobre las proteínas del suero, siendo las caseínas más del 78% de la fracción proteica, por lo cual a estas leches se les conoce como leches caseinosas, mientras que en las leches de monogástricos la caseína solamente constituye la mitad de la fracción proteica.

Aunque todas las fracciones proteicas son importantes desde el punto de vista nutricional, las caseínas son las proteínas más importantes desde el punto de vista industrial, pues son las que se transforman en queso, las que le confieren estabilidad al calentamiento a la leche, las

que dan la consistencia característica al kumis y al yogurt e imparten muchas de las propiedades funcionales de la leche(Carro,etal,1999).

En las leches mastíticas y en el calostro, se presenta un descenso en la relación caseína - proteínas totales, por este motivo estas leches no son aptas para los procesos industriales de transformación, ya que coagulan con el calentamiento y no constituyen un buen sustrato para el cuajo.

Por lo tanto, es más importante considerar el contenido de caseína que el de proteína total; las leches con mayor contenido de caseína dan mayor rendimiento en la fabricación de quesos, mayor estabilidad al calentamiento, mayor cuerpo y consistencia en los productos fermentados.

Dentro de las fracciones de caseína están la α S1, α S2, β , κ y γ . Las fracciones mayoritarias son la α S1 y la β . Estas fracciones son atacadas por las enzimas proteolíticas endógenas y provenientes de microorganismos y de leucocitos. La κ es el sustrato del cuajo o renina; esta fracción tiene dos variantes genéticas: A y B, teniendo esta última mejor aptitud quesera.

Las proteínas del suero son α -Lactalbúmina, β -Lactoglobulina, Seroalbúmina, Inmunoglobulinas y la fracción proteosa-peptona. Este grupo, con excepción de la fracción proteosa-peptona, se desnaturaliza a temperaturas por encima de 85°C, generando grupos SH- libres que le confieren el sabor a cocido típico a la leche.

Dentro de las sustancias nitrogenadas no proteicas están la urea, creatina, creatinina, aminoácidos y ácidos nucleicos, siendo la urea el componente más importante.

Cuando las dietas son muy ricas en compuestos nitrogenados y pobres en energía, se eleva el contenido de urea en la leche; la urea le confiere mayor estabilidad térmica a la leche pero no aporta al rendimiento industrial.

El método de referencia para la valoración del contenido de proteínas es el de Kjeldahl, que se basa en la conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno amoniacal y luego de ser convertido a amoniaco se destila por arrastre con vapor y se recoge en una solución de ácido bórico.

La cual se titula con una solución patronada de ácido. Multiplicando el contenido de nitrógeno por 6.38 se obtiene el contenido de proteína.

5.5. LACTOSA .

La lactosa es el único carbohidrato libre que tiene la leche. Es un disacárido compuesto por galactosa y glucosa. Su contenido en la leche es del orden de 4.5 a 5.0%, siendo bastante constante, con variaciones solamente en leches mastíticas en las que desciende su valor. Es

un azúcar que tiende a generar cristales ásperos en los productos concentrados como la leche en polvo o la leche condensada, produciendo el defecto de arenosidad.

Muchas personas adultas no pueden digerir la lactosa, por falta de la enzima β -galactosidasa, sufriendo cuadros de diarrea o flatulencia al consumir leche.

Para prevenir el defecto de arenosidad y permitir el consumo de leche a personas con el síndrome de mal absorción de lactosa, se acostumbra a hidrolizar la lactosa de la leche antes de someterla a los procesos de transformación.

La determinación de lactosa en leche no es una prueba de rutina, debido a que no es un componente muy variable. Su análisis no es tan sencillo como el de los demás componentes, por lo cual se prefiere evaluar los sólidos no grasos en los que se encuentra incluida esta fracción.

5.6. MINERALES .

Esta fracción tiene poca variabilidad. La leche contiene 0.7% de minerales en forma de sales de los ácidos cítrico y fosfórico principalmente; es buena fuente de calcio y fósforo. El calcio tiene importancia en el proceso de coagulación enzimática de la leche para producir quesos.

Las leches mastíticas contienen menos calcio, potasio y más cloruros y sodio que las leches normales.

El contenido global de minerales de la leche se determina habitualmente por incineración o determinación de cenizas. Estas cenizas no representan el total de las sales de la leche en su estado natural; la proporción de sales es un poco más elevada. Mientras que la leche tiene una reacción ligeramente ácida, las cenizas son netamente alcalinas por acción de la incineración .

Además se producen pérdidas de los elementos más volátiles, que dependen de la temperatura alcanzada en el horno. También se determinan los minerales de la leche por espectrometría de absorción atómica.

6. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Además de la composición, las propiedades físico-químicas de la leche también nos dan información acerca de su calidad y de las condiciones en que el producto llega a la planta para su procesamiento y transformación (Carulla,etal, 1999).

6.1. PRUEBA DE EBULLICIÓN .

Consiste en llevar una pequeña muestra de leche a punto de ebullición para observar si hay formación de precipitado o de grumos, o si por el contrario la leche es estable al calor. Las leches ácidas o con desequilibrios salinos, forman precipitados indicando que la leche no es estable al calor y no puede ser sometida al proceso de pasteurización.

6.2. PRUEBA DE ALCOHOL .

Esta prueba reemplaza la prueba de ebullición. Se mezcla la leche con alcohol neutro, 68% en peso en proporción 1:1, y se observa si hay formación de grumos o precipitado. Tiene la ventaja sobre la prueba de ebullición que es más fácil de realizar a nivel de campo o de plataforma de recibo y además se puede volver más o menos exigente dependiendo del grado de alcohol que se utilice.

Las leches con alto grado de acidez o con desbalance salino dan positivo a esta prueba. Aunque la mayoría de resultados positivos se deben a un elevado nivel de acidez, algunas muestras que presentan acidez y pH normales dan positivo a la prueba, principalmente por altos contenidos de cloruros, calcio y sodio. Esta prueba se realiza para recibir la leche a nivel de finca o de plataforma.

6.3. ÍNDICE LACTOMÉTRICO .

Se determina con un refractómetro llamado lactómetro de Bertuzzi, con el objeto de controlar adiciones de agua a la leche. El índice lactométrico de la leche está relacionado con los Sólidos no grasos y su valor oscila entre 8.4 y 9.2.

Valores por debajo de este rango indican adición de agua, mientras que valores por encima indican adición de sólidos como sal, azúcar y almidones, entre otros, que usualmente se utilizan como correctores de densidad para disimular la adición de agua. Esta prueba tiene la ventaja de ser rápida, sencilla y de fácil aplicación a nivel de campo.

6.4. DENSIDAD .

Esta prueba se determina con el termolactodensímetro de Quevenne y se realiza también con el objeto de controlar la adición de agua a la leche. El valor de la densidad de la leche debe estar entre 1.030 a 1.033 g/cm³ según la legislación colombiana, aunque la mayoría de las muestras presentan valores de 1.029 a 1.032 g/cm³. Valores por debajo indican adición de agua y valores por encima indican adición de sólidos extraños a la leche.

Esta prueba es fácil de realizar, pero debe tenerse en cuenta que es necesario hacer corrección por temperatura cuando no se lee a 15°C, y por lactodensímetro cuando éste presenta diferencia en la lectura con respecto al método de referencia.

La desventaja de tomar la densidad como parámetro para evaluar adición de agua a la leche, es que su lectura depende de todos los componentes incluyendo la grasa, la cual tiene una amplia variabilidad, generando demasiada incertidumbre en los resultados. La prueba es útil para determinar adición de agua, cuando ésta sobrepasa el 10%.

6.5. ÍNDICE CRIOSCÓPICO .

El índice crioscópico es el punto de congelación de la leche. Debido a que la leche contiene sólidos disueltos, su punto de congelación desciende con respecto al del agua pura, siendo normalmente de -0.53 a -0.55°C . A medida que se adiciona agua a la leche, su punto de congelación se acerca a cero, y en caso de adición de sólidos como sal o azúcar, desciende por debajo de -0.55°C . Se utilizan generalmente equipos electrónicos muy precisos.

Debido a que el punto de congelación es independiente del contenido de grasa, tiene poca variabilidad, lo que hace que esta prueba sea muy sensible para la determinación de agua adicional a la leche, pudiendo determinar adiciones del orden del 1 al 2%.

6.6. ACIDEZ TITULABLE .

La leche fresca presenta una reacción ligeramente ácida, de 0.14 a 0.17% p/v expresada como ácido láctico, debido al contenido de los ácidos fosfórico, cítrico, carbónico y a la caseína. La acidez titulable de la leche, usualmente se determina con solución patronada de hidróxido de sodio y fenolftaleína como indicador.

A medida que las bacterias se desarrollan en la leche, utilizan la lactosa transformándola en ácidos orgánicos principalmente láctico, aumentando así el nivel de acidez.

Cuando la acidez alcanza el valor de 0,22%, las proteínas de la leche se precipitan con el calentamiento, lo cual le impediría ser sometida al proceso de pasteurización.

Por esta razón la leche ácida es rechazada por la mayoría de los industriales de la leche. Niveles por debajo de 0.13% p/v, podrían indicar adición de agua, neutralización de la leche con sustancias alcalinas o leches mastíticas.

Las leches pobres en caseína también presentan niveles de acidez por debajo de lo normal.

Niveles por encima de lo normal se presentan por almacenamiento prolongado de la leche sin suficiente refrigeración, o por falta de higiene en su manejo. 2.3.7. pH Su valor en la leche fresca está entre 6.5 y 6.8. Algunas empresas prefieren evaluar el pH en vez de la acidez titulable de la leche. Aunque a medida que aumenta la acidez, el pH desciende y viceversa, esta relación no es perfecta, debido a que la leche tiene capacidad buffer, lo cual hace que con leves cambios en la acidez titulable, no se observen cambios en el pH.

Cuando se le coloca agua adicional a la leche, desciende la acidez titulable, pero el pH no cambia. Valores de pH menores de 6.4 indican que se han presentado procesos de acidificación en la leche y en este caso no puede soportar tratamientos térmicos. Valores por encima de 6.9 indican neutralización con sustancias alcalinas o presencia de mastitis.

6.7. POTENCIAL REDOX .

La leche normal tiene un potencial "redox" (Eh) positivo comprendido entre +0.20 y +0.30 voltios. Su determinación se realiza de una manera parecida a la del PH; la diferencia de potencial creada por un electrodo de platino colocado en una solución, se mide con referencia a un electrodo de calomelanos tomado como patrón. Un valor positivo (pérdida de electrones por el platino) indica las propiedades oxidantes de la solución; un valor negativo (ganancia de electrones) indica propiedades reductoras.

7. CONCLUSIONES

Es factible modificar la composición de la leche mediante el manejo de diversos factores dietarios. Sin embargo, las respuestas a obtener son diferentes, seguro el tipo de componente.

La lactosa, por su rol osmorregulador mantiene una concentración altamente estable, siendo independiente de la dieta. La concentración de grasa láctea puede ser altamente modificada, así como la proporción de los ácidos grasos contenidos, los factores que más influyen en su concentración son;

Relación forraje – concentrado, fibrosidad de la ración, tipo de carbohidratos del concentrado y frecuencia de alimentación, esta última actúa especialmente en raciones bajas en fibra.

La inclusión de grasa dietarias ha obtenido efectos diversos sobre la concentración de grasa láctea; siendo un eficiente mecanismo para alterar la composición de la misma al incorporarse en forma protegida.

El contenido de proteínas lácteas depende principalmente del nivel energético de la ración. Las mayores respuestas se presentan al incorporar concentrados amiláceos a raciones altas en fibra, la respuesta a la proteína dietaria es en general baja, salvo al existir deficiencia de ciertos aminoácidos esenciales.

El desbalance energía / proteína en la dieta de vacas lecheras es un desequilibrio nutricional que debiera ser monitoreada, mediante la determinación de urea en leche, en los establecimientos lecheros del país dado que la base de nuestro sistema de producción es de tipo pastoril.

8. LITERATURA CITADA:

Agudelo, M. y Puerta, H. 2004.

Efecto del esquema de suministro de un suplemento alimenticio comercial sobre algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes. Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 33 p.

Alcaráz, C. Alviar, D. Correa, H. 2001.

Eficiencia en el uso de nitrógeno en vacas lactantes en un hato lechero del oriente antioqueño; Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. (14) Suplemento 34.

Nocek, A.L. 1990 y Thomas, T.1986.

Perspectives on ruminant nutrition and metabolism. II. Metabolism in ruminant tissues; Nutritional Research Reviews

Bauman, D.E. 2000.

Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorresis revisited; In: Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction. (Editor: P B Cronje). CAB international. 311 - 328.

Bernal, L. C. y Montoya, S. 2004.

Balance energético y proteico en vacas al inicio de la lactancia y su relación con el estado metabólico. Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 75 p.

Capuco, A. V. Akers, R.M. and Smith, J. 1997.

Mammary growth in Holstein cows during the dry period: quantification of nucleic acids and histology; Journal of Dairy Science. (80) 47 - 487.

Carro, M. D. López, S. Valdés, C. y Ranilla, M. J. 1999.

Efecto de la suplementación nitrogenada sobre la fermentación ruminal in vitro de forrajes deficientes en nitrógeno; Archivos de Zootecnia. (48) 295-306.

Carulla, J. 1999.

Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje; En: Memorias Simposio internacional sobre la proteína de la leche. Colanta. Medellín. 4 y 5 de Noviembre.

Correa, H. J. 2002.

El metabolismo del nitrógeno y su relación con las alteraciones reproductivas en vacas de alta producción; En: II Curso de Actualización en Reproducción Animal, Grupo de Investigación en Biotecnología Aplicada, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, 3 y 4 de octubre.

Correa, L. y Marín, M. 2002.

Balance energético y proteico en vacas peri parturientas y la relación con su estado metabólico; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 50p.

Sutton, M. 1980.

Efecto de la suplementación con varios niveles de una fuente de metionina proteína (MEPRON 85), sobre la producción de leche y el porcentaje de proteína láctea; Informe de Pasantía de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 14 p.

Ferguson, I. D. and W, Chalupa. 1989.

Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. 1. Dairy Sci. 72:746-766.

Noro, R. y Wittwer, H. 2003.

Ruminal degradability and intestinal digestion of eight plant protein supplements used in ruminant diets; South African Journal of Animal Science. (30, Supplement 1) 51-52.

Harris, P.M. and Loble, G.E. 1991.

Amino acid and energy metabolism in the peripheral tissues of ruminants; In: Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. (Tsuda, T., Sasaki, Y. and Kawashima, R., Ed.) , 201-230. Academic Press, London.

Henno,M. y Junca,H.L.

Calidad de la leche. Seminario Internacional sobre Calidad de la leche. Colanta, Medellín, Colombia, 1996.

Ramos,R. Pabón, M.L. Carulla, J.

Factores nutricionales que determinan la composición de la leche. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Vol. XLVI N° 2. 1998.

Ramos,R. Pabón, M.Carulla,J.

Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. En Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Vol. XLVI No. 2. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1998.

Schlimme. E, Buchhelm, W.

La leche y sus componentes, propiedades químicas y físicas. Editorial,Acribia. Zaragoza, España. 121 p. 2002.